

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
 Отделение нефтегазового дела

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Создание проекта насосной станции внешней и внутрипарковой перекачки нефти, включающего в себя технологическую схему и комплект оборудования

УДК 621.6.052:665.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4E5A	Мамонов Павел Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, /звание	Подпись	Дата
Профессор	Саруев Лев Алексеевич	Д.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Беляев Дмитрий Владимирович			

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Томск – 2020 г.

## Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>В соответствии с общекультурными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</b>		
P1	Приобретение профессиональной эрудиции и широкого кругозора в области гуманитарных и естественных наук и использование их в профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК–1, ОК–2, ОК–3, ОК–4, ОК–5, ОК–7, ОК–8) (ЕАС–4.2а) (АВЕТ–3А)
P2	Уметь анализировать экологические последствия профессиональной деятельности в совокупности с правовыми, социальными и культурными аспектами и обеспечивать соблюдение безопасных условий труда	Требования ФГОС ВО (ОК–3, ОК–4, ОК–7, ОК–9) ПК–4, ПК–5, ПК–13, ПК–15.
P3	Уметь самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК–1, ОК–2, ОК–3, ОК–4, ОК–7, ОК–8, ОК–9) (АВЕТ–3i), ПК1, ПК–23, ОПК–6, ПК–23
P4	Грамотно решать профессиональные инженерные задачи с использованием современных образовательных и информационных технологий	Требования ФГОС ВО (ОПК–1, ОПК–2, ОПК–3, ОПК–4, ОПК–5, ОПК–6) (ЕАС–4.2d), (АВЕТ3е)
<b>в области производственно–технологической деятельности</b>		
P5	Управлять технологическими процессами, эксплуатировать и обслуживать оборудование нефтегазовых объектов	Требования ФГОС ВО (ПК–1, ПК–2, ПК–3, ПК–4, ПК–7, ПК–8, ПК–9, ПК–10, ПК–11, ПК–13, ПК–14, ПК–15)
P6	Внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов	Требования ФГОС ВО (ПК–1, ПК–5, ПК–6, ПК–10, ПК–12)
<b>в области организационно–управленческой деятельности</b>		
P7	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	Требования ФГОС ВО (ОК–5, ОК–6, ПК–16, ПК–18) (ЕАС–4.2–h), (АВЕТ–3d)
P8	Осуществлять маркетинговые исследования и участвовать в создании проектов, повышающих эффективность использования ресурсов	Требования ФГОС ВО (ПК–5, ПК–14, ПК17, ПК–19, ПК–22)
<b>в области экспериментально–исследовательской деятельности</b>		
P9	Определять, систематизировать и получать необходимые данные для экспериментально–исследовательской деятельности в нефтегазовой отрасли	Требования ФГОС ВО (ПК–21, ПК–23, ПК–24, ПК–25, ПК–26)
P10	Планировать, проводить, анализировать, Обработать экспериментальные исследования с интерпретацией полученных результатов с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий	Требования ФГОС ВО (ПК–22, ПК–23, ПК–24, ПК–25, ПК–26,) (АВЕТ–3b)
<b>в области проектной деятельности</b>		
P11	Способность применять знания, современные методы и программные средства проектирования для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	Требования ФГОС ВО (ПК–27, ПК–28, ПК–29, ПК–30) (АВЕТ–3c), (ЕАС–4.2–e)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ К.К.Манабаев

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
З-4Е5А	Мамонов Павел Андреевич

Тема работы:

Создание проекта насосной станции внешней и внутрипарковой перекачки нефти, включающего в себя технологическую схему и комплект оборудования	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	
Срок сдачи студентом выполненной работы:	

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
Раздел	Консультант
Повышение эффективности работы нефтегазового сепаратора, путем установки центробежных элементов на выходе газа.	Беляев Дмитрий Владимирович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трубченко Татьяна Григорьевна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна
<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-4Е5А	Мамонов Павел Андреевич		

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Е5А	Мамонов Павел Андреевич

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, районный коэффициент по г.Томску
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Планирование работ и оценка их выполнения
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Смета затрат на проект
3. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Сравнительный анализ полученных данных

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет проекта
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

## Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	Доцент, к.э.н		

## Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е5А	Мамонов Павел Андреевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-4Е5А	Мамонов Павел Андреевич

<b>Школа</b>	Инженерная школа природных ресурсов	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение нефтегазового дела
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Тема ВКР:

Создание проекта насосной станции внешней и внутрипарковой перекачки нефти, включающего в себя технологическую схему и комплект оборудования

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является насосная станция внешней и внутрипарковой перекачки нефти. Оборудование – Насосный агрегат $Q_{ном}=70\text{м}^3/\text{ч}$ , $N_{ном}=650\text{ м вод.ст}$ ; эл.двигатель мощности 315кВт, в комплекте с системой двойного торцевого уплотнения (53А по API-682); Располагается внутри блок-бокса НПС.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	Федеральный закон от 21 июля 1997 года №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Федеральный закон от 24 июля 1998 года № 125-ФЗ "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний" «Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 №197-ФЗ».
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: - повышенный уровень шума; - повышенный уровень вибрации; Опасные факторы: - повышенные концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны; - движущиеся машины и механизмы; - пожароопасность и взрывоопасность.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Атмосфера - утечки нефти через неплотности в арматуре и оборудовании. Гидросфера – утечки нефти из перекачивающих устройств через не плотности запорной и регулирующей аппаратуры. Литосфера - загрязнение почвы химическими веществами при аварийных разливах.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: взрыв, пожар, отключение энергоносителей, достижение порогов загазованности. Наиболее типичная ЧС: взрыв.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-4Е5А	Мамонов П.А.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
 Уровень образования Бакалавриат  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение нефтегазового дела  
 Период выполнения весенний семестр 2020 учебного года  
 Форма представления работы: Бакалаврская работа

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела / вид работы	Максимальный балл раздела (модуля)
...	...	...
...	...	...

#### СОСТАВИЛ: Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Саруев Лев Алексеевич	Д.Т.Н.		

#### Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Беляев Дмитрий Владимирович			

#### СОГЛАСОВАНО:

#### Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Брусник Олег Владимирович	К.П.Н		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Создание проекта насосной станции внешней и внутрипарковой перекачки нефти, включающего в себя технологическую схему и комплект оборудования» содержит 70 страниц, 8 иллюстраций, 26 таблиц, 18 формул, 2 приложения, 14 использованных источников.

Ключевые слова: нефтеперекачивающая станция, магистральный насос, подпорный насос, насосный агрегат.

Объектом исследования является оборудование станции насосной внешней и внутрипарковой перекачки нефти (100НПС).

Целью работы является подбор необходимых агрегатов и оборудования для НПС.

В результате проведения работы была спроектирована нефтеперекачивающая станция внешней и внутрипарковой перекачки нефти. Были подобраны насосные агрегаты. Разработана технологическая схема НПС, включающая в себя создание рациональной системы внутростанционных коммуникаций с установленным на них основным и вспомогательным оборудованием, отражённым в общей спецификации.

**В ВКР приняты следующие условные обозначения и сокращения:**

БНЛ	– блок насосных линий;
КИПиА	– контрольно-измерительные приборы и автоматика;
КТ	– комплекс технологический;
НКПР	– нижний концентрационный предел распространения пламени;
НПС	– станция насосная перекачки нефти;
ПУЭ	– правила устройства электроустановок;
РЭ	– руководство по эксплуатации;
СИ	– средство измерений;
СРЭ	– система распределения электроэнергии;
ТО	– техническое обслуживание;
ФО	– формуляр;
ШАВР	– шкаф автоматизированного ввода резерва;
ШЛСУ	– шкаф локальной системы управления;
ШСУ	– шкаф силового управления;
ЩСН	– щит собственных нужд;



## СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ .....	9
ВВЕДЕНИЕ .....	11
ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	12
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	13
1.1 Виды НПС .....	13
1.2. Исполнение НПС .....	14
1.3 Назначение и технические характеристики НПС .....	15
1.4 Состав НПС .....	23
1.5 Технологическая схема и работа НПС .....	24
1.6 Описание и работа составных частей НПС .....	26
1.6.1 БНЛ внутрипарковой перекачки нефти, БНЛ внешней перекачки нефти .....	26
1.6.2 Блок-бокс .....	28
1.7 Возможные неисправности и способы их устранения .....	29
2. ПОДБОР НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ .....	32
2.1 Насос MBN 50-215/12 .....	32
2.2 Насос A23-50 .....	34
2.3 Выводы по разделу .....	36
3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ .....	37
3.1 Анализ конкурентных технических решений .....	37
3.2 SWOT-анализ .....	38
3.3 Планирование научно-исследовательской работы .....	39
3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	39
3.3.2 Определение трудоёмкости выполнения проектировочных работ .....	40
3.3.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	41
3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	45
3.4.1 Расчёт материальных затрат НТИ .....	45
3.4.2 Расчет затрат на оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	45
3.4.3 Расчет амортизационных отчислений .....	46
3.4.4 Затраты на заработную плату .....	46
3.4.4.1 Основная заработная плата .....	46

3.4.4.2 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	48
3.4.4.3 Накладные расходы.....	49
3.5 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта .....	50
3.6 Вывод по разделу .....	52
4. Социальная ответственность.....	54
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	54
4.2 Производственная безопасность.....	55
4.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов .....	56
4.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего) .....	61
4.3 Экологическая безопасность.....	62
4.3.1 Защита атмосферы.....	62
4.3.2 Защита гидросферы.....	62
4.3.3 Защита литосферы.....	63
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	63
4.5 Вывод по разделу .....	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	68
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	69

## **ВВЕДЕНИЕ**

Для создания и поддержания в трубопроводе напора, достаточного для обеспечения транспортировки нефти, необходимы нефтеперекачивающие станции. Основное назначение каждой нефтеперекачивающей станции состоит в том, чтобы забрать нефть из сечения трубопровода с низким напором, с помощью насосов увеличить этот напор и затем ввести нефть в сечение трубопровода с высоким напором. Основными элементами НПС являются насосные агрегаты, резервуары, системы подводящих и распределительных трубопроводов, узлы учета, устройства приема и пуска очистных устройств и поточных средств диагностики, а также системы смазки, вентиляции, отопления, энергоснабжения, водоснабжения, автоматики, телемеханики и т.п.

В данной работе рассматривается станция насосная внешней и внутрипарковой перекачки нефти 100 НПС.

Целью работы будет являться создание целостного проекта внешней и внутрипарковой перекачки нефти, а также аналитика используемого оборудования для НПС.

Задачи работы: разработать технологическую схему НПС, составить общую спецификацию предполагаемого оборудования в НПС, выполнить подбор насосных агрегатов, описать безопасную эксплуатацию оборудования, рассчитать затраты на проектирование.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Магистральные нефтепроводы входят в энергетический комплекс страны и представляют собой сложную энергонасыщенную, территориально протяженную технологическую систему, предназначенную для бесперебойной подачи нефти из районов добычи к местам переработки, перевалочным пунктам и местам хранения.

Вопросы обеспечения эффективности и надёжной работы магистральных нефтепроводов и их нефтеперекачивающих станций были исследованы многими учеными, такими как Березин В.Л, Гумеров А.Г., Новоселов В.Ф., Ясин Э.М., Шаммазов А.М., Колпаков Л.Г., Галлямов А.К., Гумеров Р.С., Зайнуллин Р.С., Бажайкин С.Г., Акбердин А.М., Гараева В.А. и др.

Использование в производстве достижений науки и техники, более широкий охват системы магистральных нефтепроводов диагностикой, увеличение объемов восстановительного ремонта позволили обеспечить достаточно эффективную и надёжную работу магистральных нефтепроводов. Однако, в связи с изменившимися в последние годы условиями функционирования, ростом срока эксплуатации и как результат износом оборудования, проблема обеспечения эффективной, надёжной и экологически безопасной работы магистральных нефтепроводов остается весьма актуальной.

В связи с оснащением насосных станций современным оборудованием требуются глубокие знания обслуживающего персонала по эксплуатации как основных, так и вспомогательных систем.

## 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Нефтеперекачивающая станция или НПС – сложное оборудование, которое необходимо для эффективной работы предприятия, занятого переработкой, хранением или сбором нефтепродуктов. Ее основные функции:

- создание напора для нормальной транспортировки различных нефтепродуктов;
- поддержание уровня давления на протяжении всего цикла.

Принцип работы нефтеперекачивающей станции прост. Нефть, нефтепродукты забираются из трубопровода, в котором напор низкий. Среда проходит блок, где напор искусственно увеличивается, а затем попадает в сечение нефтепровода с высоким напором. [9]

### 1.1 Виды НПС

Различают 2 основных вида нефтеперекачивающих станций:

*Головная нефтеперекачивающая станция.* Используется в пунктах приемки нефти от установок ее добычи и первичной подготовки. Ее функция – сбор и закачка ресурса в транспортировочный нефтепровод. НПС устанавливается в начале трубопровода, включает:

- насосы;
- резервуарный парк (накопительные емкости для нефти либо нефтепродуктов);
- котельную;
- электростанцию;
- систему водообеспечения;
- канализационный блок и систему фильтров;
- функциональные здания;
- отопительный модуль нефтепровода;
- лаборатории контроля качества транспортируемой нефти (применяются при последовательной перекачке).

*Промежуточные нефтеперекачивающие станции* подключаются на этапе прогонки нефти по трубопроводам – создания заданного напора на этапах ее транспортировки. Они устанавливаются по всему маршруту движения нефти.

Ключевая функция комплекса для перекачки нефти – задание и поддержание напора в нефтепроводе для обеспечения безопасного движения среды от пункта приемки к точке переработки. При этом НПС выполняет следующие задачи:

- приемка нефти (в качестве пункта забора могут выступать нефтепроводы, емкости, накопительные резервуары);
- подача потока нефтеперекачивающей станции в магистральный нефтепровод;
- наращивание напора на нужном участке трубопровода во исполнение требований по показателям. [9]

## **1.2. Исполнение НПС**

В современных системах перекачки нефти исключено использование объектов из тяжелых и дорогих в плане строительства материалов (бетон, кирпич, ЖБИ). Это обеспечивается через использование блочно-модульного способа комплектации нефтеперекачивающего комплекса (он еще называется блочно-комплектным). При таком подходе обеспечивается высокая скорость устройства нефтеперекачивающей станции и ее обоснованная стоимость.

Модульный метод предполагает полную сборку отдельных блоков (с насосами нефтеперекачивающей станции, автоматикой, контрольными приборами и системами обеспечения) на заводе-производителе. Это упрощает и транспортировку, и будущий капремонт систем (они ремонтируются блоками в сборке).

После комплектации модули доставляются к площадке установки и монтируются при соблюдении ряда требований к участку размещения.

Последние включают 3 пункта:

- пологий рельеф с подготовленным уклоном (для отвода поверхностных вод самотеком);

- высокая несущая способность почв;
- соответствие грунта по показателям влажности и глубине залегания вод.[10]



Рисунок 1 – Внешнее исполнение станции внешней и внутриварковой перекачки нефти (100 НПС)

### 1.3 Назначение и технические характеристики НПС

В плане организации процесса доставки нефти нефтеперекачивающая станция выполняет следующие функции:

- обеспечивает возможность работы со средой при наличии газового фактора или примесей серы;
- упрощает управление процессом (НПС оснащаются программами настроек, разработанными индивидуально под требования пользователя нефтепровода);
- позволяет контролировать весь ход транспортировки (настраивать производительность, мощность и скорость движения нефти);
- значительно упрощает практику контроля и учета (данные по среднесуточному перекачанному потоку).

Проектируемая в данной ВКР НПС предназначена для:

- внутренней перекачки некондиционной нефти и подачи нефти с обводненностью до 5 % на прием основного насосного агрегата Н-2/3 (Н2/1) агрегатом электронасосным центробежным Н-1/3 (Н1/1);

- внешней перекачки нефти с обводненностью до 5 % агрегатом электронасосным центробежным Н-2/3 (Н2/1).

Технические характеристики:

Рабочая среда – нефть с обводненностью до 5 %.

Физико-химические показатели рабочей среды указаны в таблице 1

Таблица 1 – Физико-химические показатели рабочей среды

Наименование показателя	Значение показателя
Плотность, кг/м <sup>3</sup> : - при температуре плюс 20 °С - при температуре плюс 60 °С	не течет 781
Вязкость кинематическая, сСт: - при температуре плюс 20 °С - при температуре плюс 60 °С	не течет 4,1
Температура застывания, °С	плюс 28,6
Массовая доля в нефти: - серы, % - парафинов, % - асфальтенов, % - смол, % - сероводорода, млн <sup>-1</sup> - метил- и этилмеркаптанов в сумме, млн <sup>-1</sup> - механических примесей, % - хлористых солей NaCl, мг/дм <sup>3</sup> - воды	0,058 22,0 0,96 2,20 отсутствие отсутствие 0,127 20,5 0,03



Продолжение таблицы 1 - Физико-химические показатели рабочей среды

Температура плавления парафина, °С	плюс 55
Фракционный состав нефти:	
- температура начала кипения, °С	плюс 95
- выход фракций, до температуры, %:	
плюс 150 °С	9,0
плюс 180 °С	13,0
плюс 200 °С	16,0
плюс 250 °С	24,0
плюс 300 °С	34,0
плюс 350 °С	47,0

Плотность нефти при различных значениях обводненности и температуры приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Значения плотности нефти при различных значениях обводненности и температуры

Обводненность в/н эмульсии, %	Плотность при температурах, кг/м <sup>3</sup>				
	плюс 25 °С	плюс 40 °С	плюс 50 °С	плюс 60 °С	плюс 70 °С
0,5	не течет	792	790	788	783
10	не течет	826	810	800	791
20	не течет	854	842	822	803
30	не течет	892	875	856	838
40	не течет	916	913	912	911
50	не течет	948 частичное расслоение эмульсии	945 частичное расслоение эмульсии	944 частичное расслоение эмульсии	расслоение эмульсии
60	не течет	расслоение эмульсии			

Вязкость кинематическая нефти при различных значениях обводненности и температуры приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Значения вязкости кинематической нефти при различных значениях обводненности и температуры

Обводненность в/н эмульсии, %	Плотность при температурах, кг/м <sup>3</sup>		
	плюс 25 °С	плюс 40 °С	плюс 50 °С
0,5	не течет	792	790
10	не течет	826	810
20	не течет	854	842
30	не течет	892	875
40	не течет	916	913
50	не течет	948 частичное расслоение эмульсии	945 частичное расслоение эмульсии
60	не течет	расслоение эмульсии	

Состав пластовой воды приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Состав пластовой воды

Наименование показателя	Значение показателя
Плотность воды при температуре плюс 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	1107
рН, ед. рН	4,74
Катионы, мг/дм <sup>3</sup> : - Ca <sup>2+</sup> - Mg <sup>2+</sup> - Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> - Fe <sub>общ.</sub> - Ba <sup>2+</sup>	13707,36 802,56 47158,97 3,70 отсутствует

Продолжение таблицы 4 – Состав пластовой воды

Анионы, мг/дм <sup>3</sup> :	
- SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	156,37
- CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	отсутствует
- HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	67,10
- Cl <sup>-</sup>	99119,62
Общая минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	161012
Растворенные газы, мг/дм <sup>3</sup> :	
- O <sub>2</sub>	3,75
- CO <sub>2</sub>	86,24
- H <sub>2</sub> S	отсутствует

Рабочие параметры НПС указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Рабочие параметры НПС

Наименование характеристики	Значение характеристики
Количество насосных линий: - БНЛ для внутренней перекачки нефти - БНЛ для внешней перекачки нефти	две (одна рабочая, одна резервная) две (одна рабочая, одна резервная)
Расход нефти в НПС, м <sup>3</sup> /ч	от 40 до 90

Продолжение таблицы 5 – Рабочие параметры НПС

Напор, м: - БНЛ для внутренней перекачки нефти - БНЛ для внешней перекачки нефти	от 80 до 105 от 590 до 680
Давление нефти в НПС на приеме максимальное/расчетное, МПа: - БНЛ для внутренней перекачки нефти - БНЛ для внешней перекачки нефти	0,05 / 1,60 1,05 / 1,60
Давление нагнетания нефти в НПС максимальное/расчетное, МПа: - БНЛ для внутренней перекачки нефти - БНЛ для внешней перекачки нефти	0,8 / 1,6 5,3 / 6,3
Условный диаметр подводящего трубопровода НПС, мм	250
Режим работы НПС	постоянный/периодический
Режим управления отсечной запорной арматурой на выходе насосов	ручной/дистанционный
Режим управления отсечной запорной арматурой на входе НПС	ручной
Электропитание	трехфазное 380 В / 50 Гц, 220 В / 50 Гц
Класс взрывоопасной зоны помещения НПС по ПУЭ / ГОСТ 30852.9-2002	В-1а / класс 2

Продолжение таблицы 5 - Рабочие параметры НПС

Категория по взрывопожарной и пожарной опасности помещения НПС по СП 12.13130.2009	А
Категория взрывоопасной смеси по ГОСТ 30852.11-2002	IIА
Группа взрывоопасной смеси по ГОСТ 30852.5-2002	T3
Температура окружающей среды по СНиП 23-01-99, °С: – температура наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92 – температура наиболее холодных суток, с обеспеченностью 0,98 – абсолютная минимальная температура	минус 42  минус 48 минус 53
Температура воздуха внутри блок-бокса НПС, °С	от плюс 10 до плюс 35
Класс пожарной опасности по СП.2.13130.2012	C0
Класс опасности строительных конструкций по ст. 36 ФЗ №123-ФЗ	K0
Степень огнестойкости блок-бокса по СП.2.13130.2012	III
Интенсивность землетрясения по MSK-64, баллы	до 6 включительно
Климатическое исполнение НПС по ГОСТ 15150-69	ХЛ1

Продолжение таблицы 5 - Рабочие параметры НПС

Климатическое исполнение оборудования, располагающегося внутри НПС, по ГОСТ 15150-69	УХЛ4
--	------

НПС обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- автоматическое поддержание заданного давления на выходе из НПС;
- автоматическое поддержание заданного расхода на выходе из НПС;
- автоматическую сигнализацию состояния насосных агрегатов;
- автоматическую сигнализацию состояния и параметров технологической защиты электродвигателей насосных агрегатов;
- автоматическую блокировку насосов и закрытие электроприводной задвижки на нагнетательной линии от комплектов приборов и средств автоматизации при:
  - а) падении давления в нагнетательном трубопроводе ниже заданного;
  - б) падении давления на всасывающем трубопроводе ниже заданного;
  - в) повышении температуры подшипников выше допустимого;
  - г) повышении вибрации подшипников насоса и/или электродвигателя выше допустимого;
- автоматическую сигнализацию утечек нефти с насосов;
- дистанционный контроль перепада давления на фильтрах;
- сигнализацию предельных уровней давления на входе и выходе насоса;
- сигнализацию предельных уровней вибрации насосного агрегата;
- сигнализацию предельных уровней расхода среды;
- сигнализацию загазованности в помещении блок-бокса;
- автоматическое отключение электроснабжения оборудования НПС при загазованности;
- аварийную сигнализацию при пожаре в НПС и автоматическое отключение технологического оборудования;
- автоматическое поддержание температурных режимов в помещении блок-

бокса;

-сигнализацию состояния и управление вентиляцией в помещении блок-бокса;

-автоматическую передачу параметров НПС в систему автоматики верхнего уровня по RS-485 Modbus RTU.

#### **1.4 Состав НПС**

НПС состоит из:

1. КТ, в составе:

а) БНЛ внутрипарковой перекачки нефти, состоящего из основной и резервной насосных линий;

б) БНЛ внешней перекачки нефти, состоящего из основной и резервной насосных линий;

2. ШЛСУ;

3. СРЭ, в составе:

а) ШАВР;

б) ЩСН;

в) ШСУ1;

г) ШСУ2;

д) ШСУ3;

4. Блок-бокса, включая системы электрического отопления, освещения (внутреннего, наружного, аварийного, ремонтного), естественной и механической вентиляции, контроля загазованности со световой и звуковой сигнализацией, пожарной сигнализации, заземления и контроля доступа в блок-бкс.[11]



Рисунок 2 – Трубопроводная обвязка внутри НПС

### **1.5 Технологическая схема и работа НПС**

#### *Режим внутрипарковой перекачки*

Согласно схеме технологической принципиальной (Приложение Б) нефть из входного коллектора DN 250 поступает в насосную линию DN 150 и далее через задвижку клиновую ЗКЛ-1/1 (либо ЗКЛ-1/2), пройдя фильтр Ф-1/1 (либо Ф-1/3), подается в насос Н-1/1 (либо Н-1/3), где нагнетается ее рабочее давление.

После насоса нефть по трубопроводу DN 100 через клапан обратный КОП-1/1 (либо КОП-1/2), задвижки клиновые ЗКЛП-1/1 (либо ЗКЛП-1/3) и ЗКЛ-1/3 направляется на преобразователь расхода FT 1/1, а затем через задвижки клиновые ЗКЛ-1/4 и ЗКЛ-1/6 поступает в выходной коллектор DN 250.

#### *Режим внешней перекачки*



Согласно схеме технологической принципиальной (Приложение Б) нефть из входного коллектора DN 250 поступает в насосную линию DN 150, через задвижку клиновую ЗКЛ-2/1 (либо ЗКЛ-2/2), пройдя фильтр Ф-2/1 (либо Ф-2/3), подается в насос Н-2/1 (либо-Н 2/3), где нагнетается ее рабочее давление.

После насоса нефть по трубопроводу DN 100 через клапан обратный КОП-2/1 (либо КОП-2/2), задвижку клиновую ЗКЛП-2/1 (либо ЗКЛП-2/3) подается в выходной коллектор DN 250.

*Режим внешней перекачки с использованием подпорных насосов*

Согласно схеме технологической принципиальной (Приложение Б) нефть из входного коллектора DN 250 поступает в насосную линию DN 150 и далее через задвижку клиновую ЗКЛ-1/1 (либо ЗКЛ-1/2), пройдя фильтр Ф-1/1 (либо Ф-1/3), подается в насос Н-1/1 (либо Н-1/3), где нагнетается ее рабочее давление.

После насоса нефть по трубопроводу DN 100 через клапан обратный КОП-1/1 (либо КОП-1/2), задвижки клиновые ЗКЛП-1/1 (либо ЗКЛП-1/3) и ЗКЛ-1/3 направляется на преобразователь расхода FT 1/1, а затем через задвижки клиновые ЗКЛ-1/4 и ЗКЛ-1/7 во входной коллектор насосов внешней перекачки.

Из входного коллектора DN 250 через задвижку клиновую ЗКЛ-2/1 (либо ЗКЛ-2/2), пройдя фильтр Ф-2/1 (либо Ф-2/3), нефть подается в насос Н-2/1 (либо-Н 2/3), где нагнетается ее рабочее давление.

После насоса нефть по трубопроводу DN 100 через клапан обратный КОП-2/1 (либо КОП-2/2), задвижку клиновую ЗКЛП-2/1 (либо ЗКЛП-2/3) подается в выходной коллектор DN 250.

Переход на резервную насосную линию осуществляется:

- при отказе одного из рабочих насосов;
- при нарушении работы запорной арматуры рабочей линии;
- при неустраняемых утечках нефти в местах соединений насосных линий.

## 1.6 Описание и работа составных частей НПС

### 1.6.1 БНЛ внутрипарковой перекачки нефти, БНЛ внешней перекачки нефти

*В состав БНЛ внутрипарковой перекачки входит приемный коллектор DN 250 и напорный коллектор DN 100, две насосные линии (одна рабочая и одна резервная): подводящие линии DN 150 и напорные линии DN 100.*

*В состав БНЛ внешней перекачки входит приемный коллектор DN 250 и напорный коллектор DN 200, две насосные линии (одна рабочая и одна резервная): подводящие линии DN 150 и напорные линии DN 100.*

На входе каждой насосной линии предусмотрены фильтры сетчатые жидкостные ФС-ТКТ-Ж-150-16-0,2-ХЛ1 производства ООО "Технократ", предназначенные для очистки нефти от механических примесей. Для контроля степени загрязнённости фильтров устанавливаются датчики давления Метран-150 производства АО "ПГ "Метран".

Давление до и после фильтров контролируется манометрами избыточного давления МП-У, производства ОАО "Манотомь".



Рисунок 3 – Манометры избыточного давления МП-У

Для обеспечения требуемого давления нагнетания в БНЛ установлены насосные агрегаты A23-50 и MBN 50-215/12 производства компании Sulzer. Насосные агрегаты оснащены системой торцевого уплотнения GR производства ООО "Джон Крейн Рус".

Контроль температуры подшипников насосов и подшипников электродвигателей осуществляется термопреобразователями сопротивления TR 53 производства фирмы "WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG". Контроль температуры затворной жидкости осуществляется по термометру биметаллическому производства INDRA CONTROLS.



Рисунок 4 – Соединение насоса и электродвигателя зубчатой муфтой

Давление до и после насосов контролируется манометрами избыточного давления МП-У производства ОАО "Манотомь". Давление в бачке затворной жидкости контролируется манометром деформационным с трубчатой пружиной серии 2 производства фирмы "WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG".

Температура на входе в насосы контролируется с помощью преобразователей температуры Метран-286 производства ЗАО "ПГ "Метран".

Контроль заполнения насоса жидкостью и сигнализация утечек уплотнений насосов обеспечивается вибрационным сигнализатором уровня для жидкостей

Вибротач L производства ООО "Теплоприбор-Сенсор". Контроль предельного уровня затворной жидкости осуществляется сигнализатором уровня VEGASWING63 производства ООО "БЕГА ИНСТРУМЕНТС".

Расход нефти через линии внутрипарковой перекачки контролируется с помощью расходомера ультразвукового UFM 3030 производства ООО "Кроне-Автоматика".

Трубопроводная обвязка в низких и высоких точках имеет вентили для сброса нефти в дренажную систему и стравливания воздуха при заполнении трубопроводов.

В качестве запорной арматуры использованы задвижки клиновые двухдисковые производства ООО "Гусар" с ручным и электрическим приводом производства АУМА, а также краны шаровые производства ООО "ИК "Энерпред-Ярдос". В качестве защитной арматуры применены клапаны обратные производства ОАО "БАЗ".

В качестве закладных конструкций для СИ давления и перепада давления применяются двух- и трехвентильные клапанные блоки производства компании АО "ПГ "Метран", а для СИ температуры – защитные гильзы.

Дренажная система БНЛ предусмотрена в закрытом исполнении. Сбор дренируемой нефти осуществляется со всех участков насосных линий.

### **1.6.2 Блок-бокс**

Блок-бокс содержит следующие системы:

- электрического отопления;
- освещения (внутреннее, наружное, аварийное, ремонтное);
- естественной и принудительной вентиляции;
- контроля загазованности со световой и звуковой сигнализацией;
- пожарной сигнализации;
- заземления;
- контроля доступа в блок-бокс.

Блок-бокс НПС изготовлен в заводских условиях и доставляется на площадку строительства железнодорожным, автомобильным или водным транспортом в виде полностью собранного технологического блока, смонтированного на опорной раме.

Полный перечень технологического оборудования и СИ приведен в документе "Общая спецификация" (Приложение А).

### 1.7 Возможные неисправности и способы их устранения

Возможные неисправности НПС, причины и способы их устранения приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Возможные неисправности НПС, причины и способы их устранения

Неисправность	Причины	Способы устранения
Разница показаний манометров на входе и выходе фильтра (в рабочем режиме) превышает 0,25 МПа	Неисправно СИ	Проверить исправность манометра на выходе фильтра. При необходимости заменить
	Неплотно закрыт какой-либо воздушный или дренажный вентиль	Проверить состояние воздушных и дренажных вентилях. При необходимости закрыть
	Потеря герметичности (течь) в разъемном соединении	Проверить состояние разъемных соединений. При необходимости течь устранить
	Засорение фильтра	Произвести очистку фильтра

Продолжение таблицы 6 - Возможные неисправности НПС, причины и способы их устранения

Неисправность	Причины	Способы устранения
Отличие более чем на 0,25 МПа или отсутствие показаний какого-либо манометра от остальных	Неисправно СИ	Проверить исправность СИ, при необходимости заменить
	Перекрыт вентиль перед прибором	Проверить состояние вентиля
Отличие более чем на 0,25 МПа или отсутствие показаний какого-либо датчика давления от остальных	Неисправно СИ	Проверить исправность СИ, при необходимости заменить
	Перекрыт вентиль перед прибором	Проверить состояние вентиля
	Нарушение электрического контакта в цепях СИ	Проверить состояние электрических соединений СИ
Отсутствие показаний преобразователя температуры	Неисправно СИ	Проверить исправность СИ, при необходимости заменить
	Нарушение электрического контакта в цепях СИ	Проверить состояние электрических соединений СИ

Продолжение таблицы 6 - Возможные неисправности НПС, причины и способы их устранения

Наблюдаются утечки через уплотнения соединений трубопроводов, технологического оборудования	Не протянут крепеж фланцевых соединений	Протянуть крепеж
	Износ или повреждение уплотнений (прокладок, колец резиновых уплотнительных)	Заменить уплотнения
	Порыв трубопровода	Заменить трубопровод
Не обеспечивается полное перекрытие трубопроводов запорной арматурой	Выход из строя запорной арматуры	Заменить запорную арматуру
Наблюдается внезапное резкое повышение давления по манометрам	Засорение линии трубопровода	Очистить трубопровод (путем пропаривания или другим способом)



## **2. ПОДБОР НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Для обеспечения требуемого давления нагнетания в БНЛ установлены насосные агрегаты А23-50 и MBN 50-215/12 производства компании «Sulzer».

Насосные агрегаты компании «Sulzer» обладают низкими эксплуатационными затратами в промышленности для обеспечения надёжности, взаимозаменяемы и унифицированы, а также немаловажным фактором является наличие сервисного предприятия на территории РФ, способного оперативно устранить возникающие в ходе эксплуатации поломки и неисправности любого характера, в т.ч. выполнить капитальный ремонт.

### **2.1 Насос MBN 50-215/12**

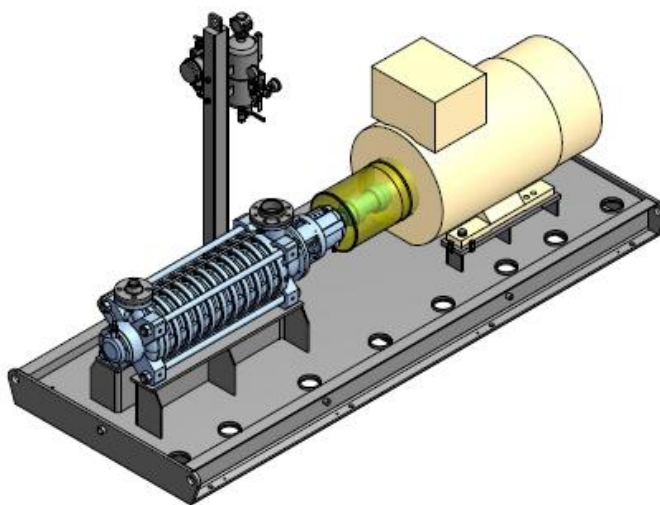


Рисунок 5 – 3D модель насоса MBN 50-215/12

MBN это горизонтальный, радиально разделённый, устанавливаемый на опоре многоступенчатый насос с кольцевым подводом. Он разработан для перекачивания чистых и слегка загрязнённых, горячих или холодных, химически нейтральных жидкостей. Наименование MBN 50-215/12 означает: MBN - тип насоса; 50 – номинальный размер отверстия на выгрузке (50 мм); 215 –



номинальный внешний диаметр крыльчатки (250 мм); 12 – число ступеней (12 крыльчаток).

Характеристики насоса MBN 50-215/12 указаны в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристики насоса MBN 50-215/12

<b>Насос MBN 50-215/12</b>	
<b>Характеристика</b>	<b>Показатели</b>
Диаметр рабочего колеса, мм	215
Мощность насоса, кВт	179
Мин. продолжит. стаб. расход, м <sup>3</sup> /ч	16,66
Расход, м <sup>3</sup> /ч	90
Напор, м	680
Частота вращ., об/мин	3044
Допуск. кавитац. запас, м	4,1
К.П.Д., %	74,2

Графическая характеристика насоса MBN 50-215/12 представлена на рисунке 5.

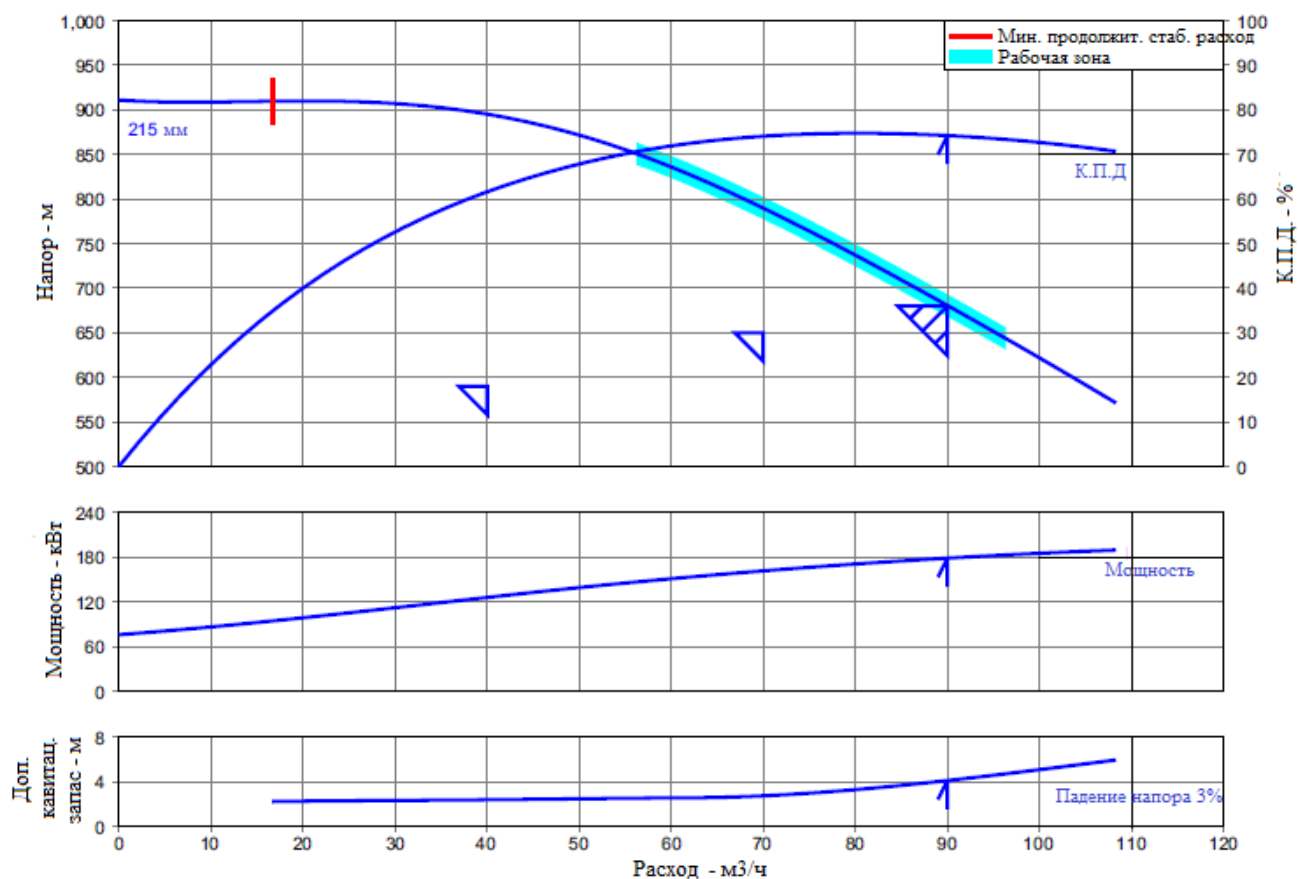


Рисунок 6 – Графическая характеристика насоса MBN 50-215/12

Исходя из графика можно сделать вывод, что выбранный насос пригоден для эксплуатации в проектируемой НПС.

## 2.2 Насос A23-50

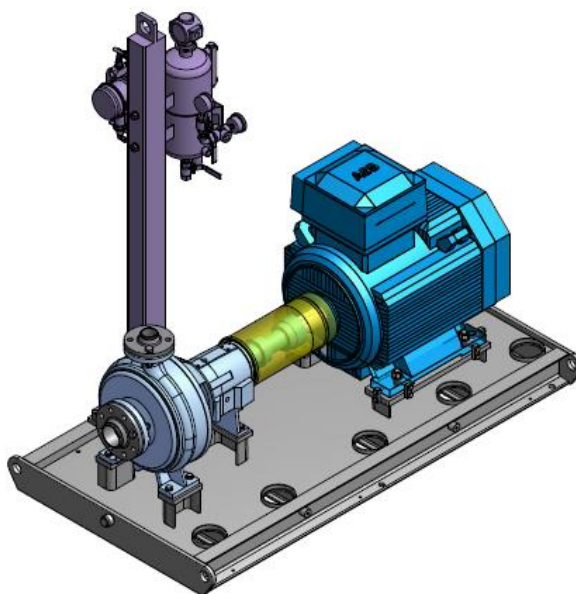


Рисунок 7 – 3D модель насоса A23-50

А 23-50 горизонтальные, одноступенчатые, с рабочим колесом двустороннего всасывания, снабженным предвключенными колесами. Выходы вала из корпуса герметизированы торцовыми уплотнениями. Вал с закрепленными на нем рабочим и предвключенными колесами вращается в шарикоподшипниках. Перетокам перекачиваемой жидкости между нагнетательной и всасывающей камерами препятствует уплотнительное кольцо. Насос и электродвигатель, соединенные зубчатой муфтой, устанавливаются на одном фундаменте. Наименование А23-50 означает: А – стандартный технологический насос; 23 – размер подшипникового узла и уплотнительного устройства (23 мм); 50 – номинальный диаметр нагнетательного отверстия (50 мм).

Характеристики насоса А23-50 представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристики насоса А23-50

<b>Насос А23-50</b>	
<b>Характеристика</b>	<b>Показатели</b>
Диаметр рабочего колеса, мм	330
Мощность насоса, кВт	38
Мин. продолжит. стаб. расход, м <sup>3</sup> /ч	10,65
Расход, м <sup>3</sup> /ч	90
Напор, м	105
Частота вращ., об/мин	2470
Допуск. кавитац. запас, м	2,2
К.П.Д., %	54,4

Графическая характеристика насоса А23-50 представлена на рисунке 7.

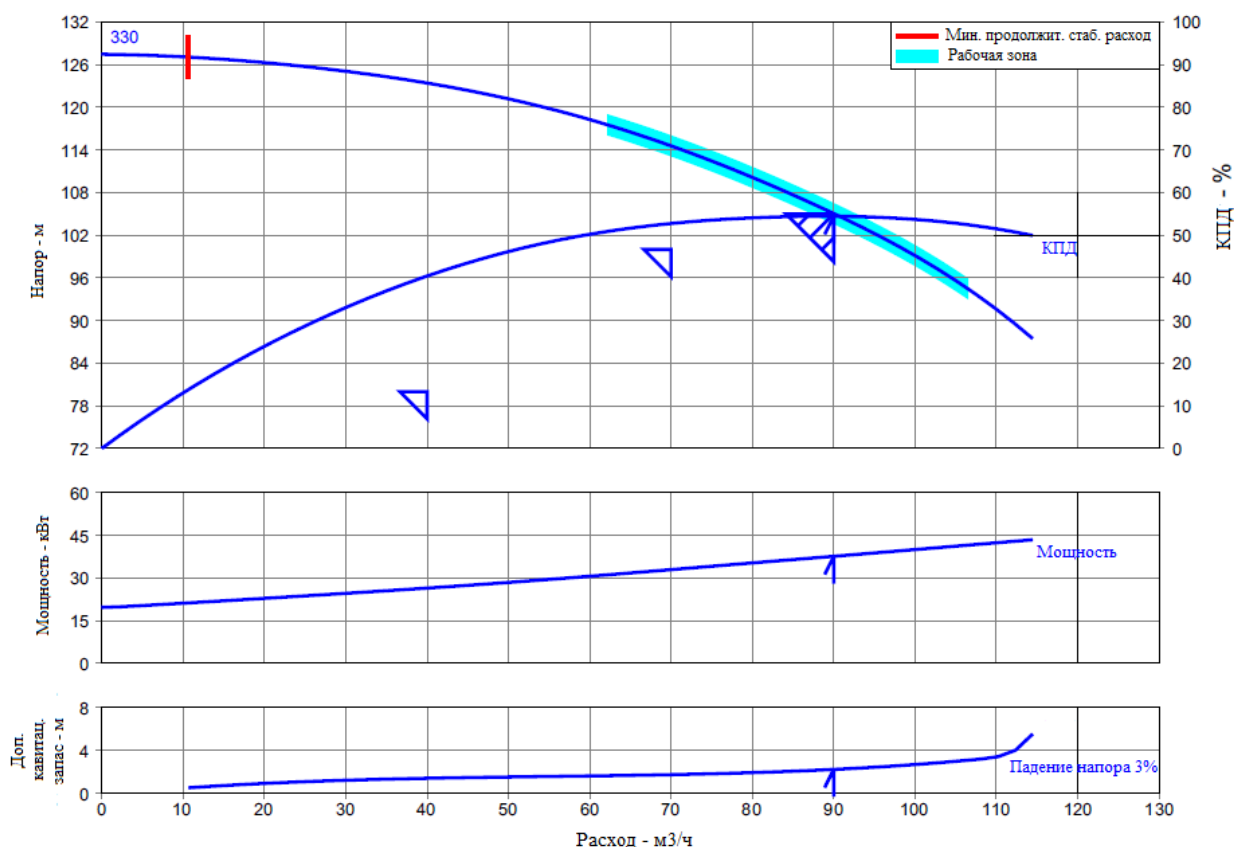


Рисунок 8 – Графическая характеристика насоса А23-50

### 2.3 Выводы по разделу

По техническим условиям необходимый кавитационный запас насоса определяется при фиксированной подаче  $Q = \text{const}$  – в точке падения напора насоса (напора в первой ступени многоступенчатых насосов) на 3%, в результате понижения абсолютного давления на входе в насос. Предпочтительный КПД насосов должен составлять от 50% до 110%.

Исходя из графических характеристик, представленных заводом-изготовителем насосов, можно сделать вывод, что подобранные насосные агрегаты полностью соответствуют техническим условиям и пригодны для эксплуатации в проектируемой НПС.

### 3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Нефтеперекачивающие станции (НПС) являются наиболее ответственной частью всего комплекса магистрального трубопровода и во многом определяют его работу в целом. Основным оборудованием на НПС являются насосные агрегаты, состоящие из насоса, электродвигателя и устройства для передачи мощности от электродвигателя к насосу.

Стабильная и энергоэффективная работа насосного оборудования является приоритетной целью компаний, эксплуатирующих оборудование.

#### 3.1 Анализ конкурентных технических решений

Таблица 9 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>К1</sub>	Б <sub>К2</sub>	Б <sub>К3</sub>	К <sub>К1</sub>	К <sub>К2</sub>	К <sub>К3</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Производительность	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,10	5	5	4	0,5	0,5	0,4
3. Энергоэкономичность	0,09	4	5	4	0,36	0,45	0,36
4. Надежность	0,15	4	5	4	0,6	0,75	0,6
5. Уровень шума	0,09	4	4	4	0,36	0,36	0,36
6. Безопасность	0,12	4	5	5	0,48	0,6	0,6
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	4	5	0,2	0,2	0,25
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
3. Цена	0,10	4	3	4	0,4	0,3	0,4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,11	5	5	5	0,55	0,55	0,55
5. Послепродажное обслуживание	0,07	4	5	4	0,28	0,35	0,28
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>4,28</b>	<b>4,56</b>	<b>4,35</b>

Конкурент 1 - ООО «Рурпумпен Рус»

Конкурент 2 - АО «SULZER»

Конкурент 3 – ОАО «ЭНА»

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot F_i, \quad (1)$$

где:  $K$ – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  $B_i$ – вес показателя (в долях единицы);  $F_i$ – балл  $i$ -го показателя.

Наибольшей конкурентоспособностью обладают насосы АО «SULZER».

### 3.2 SWOT-анализ

Таблица 10 – Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны проекта:</b> С1. Энергоэффективность. С2. Высокая надежность. С3. Послепродажное обслуживание. С4. Большой ресурс подшипников.	<b>Слабые стороны проекта:</b> Сл1. Малый уровень проникновения на рынок. Сл2. Узкая направленность производства. Сл3. Относительно небольшой объем производства. Сл4. Стоимость.
<b>Возможности:</b> В1. Повышение спроса на рынке магистральных насосов. В2. Повышение стоимости конкурентных разработок. В3. Развитие инновационных технологий (роботизация производства, 3D-печать). В4. Небольшое количество производителей магистральных насосов.	По результатам анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: энергоэффективное оборудование способствует увеличению спроса на продукт, так же как и высокая надежность самого насоса и отдельных его частей.	
<b>Угрозы:</b> У1. Ограничение импорта деталей и экспорта продукции ввиду обострения экономических отношений. У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции. У3. Снижение спроса на рынке магистральных насосов. У4. Снижение финансирования новых разработок.		Ограничение на ввоз отдельных компонентов оборудования и маленький уровень проникновения на рынок могут поставить под угрозу существование компании. Узкая направленность предприятия и ограничение поставок деталей так же могут поставить под угрозу существование предприятия.

Таблица 11 – Сильные стороны проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	-	+	-
	B2	+	+	+	+
	B3	-	-	-	-
	B4	-	-	-	-

Таблица 12 – слабые стороны проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	+
	У2	-	-	-	+
	У3	-	+	-	+
	У4	-	+	-	-

### 3.3 Планирование научно-исследовательской работы

#### 3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Нужно создать список этапов работ в рамках проектирования научного исследования, распределить исполнителей по типам работ. Алгоритм составления этапов работ, распределение исполнителей по типам работ представлен в таблице п.

Таблица 13 – Перечень этапов работ при проектировании.

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Поиск и рассмотрение информации по теме	Инженер
	3	Структурирование найденных материалов	Инженер
	4	Календарное планирование работ	Инженер

Продолжение таблицы 13 – Перечень этапов работ при проектировании

Теоретические исследования	5	Расчет нагрузок сепаратора	Инженер
	6	Проектирование системы внутрицехового поступления газа	Инженер
	7	Проектирование системы осушки газа	Инженер
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
	9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Руководитель
Оформление отчета по техническому проектированию	10	Составление пояснительной записки	Инженер
Защита проекта	11	Подготовка к защите	Руководитель Инженер

По таблице 13 видны этапы проектирования. Итогом данного проекта является выпускная квалификационная работа.

### 3.3.2 Определение трудоёмкости выполнения проектировочных работ

Трудовые затраты составляют основную часть от стоимости разработки, поэтому важным аспектом является определение трудоемкости работ каждого из участников проекта.

Для нахождения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости применяется выражение:

$$t_{\text{ож}_i} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}_i} + 2 \cdot t_{\text{max}_i}}{5}, \quad (2)$$

где  $t_{\text{ож}_i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;



$t_{\min i}$ — минимальная возможная трудоемкость исполнения заданной  $i$ - ой работы чел.-дн.;

$t_{\max i}$  — максимальная возможная трудоемкость исполнения заданной  $i$ - ой работы чел.-дн.;

Продолжительность каждой работы в рабочих днях, с учетом параллельности выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где  $T_{pi}$ — продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ож i}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы чел.-дн.;

$Ч_i$ — численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Рассчитанные значения длительности работ в рабочих днях приведены в таблице 12.

### 3.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения проектировочных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. На диаграмме помимо задач, располагается последовательность, с которой необходимо выполнять работу.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}; \quad (4)$$

где  $T_{ki}$ — продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Определим коэффициент календарности на 2020 год:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 118} = 1,48. \quad (6)$$

Тогда длительность первой работы в календарных днях:

$$T_{k4} = T_{p4} \cdot k_{\text{кал}} = 4 \cdot 1,475 = 5,9 \approx 6 \text{ дн.} \quad (7)$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе необходимо округлить до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в таблицу 12.

Таблица 14 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ож\ i}$ , чел-дни							
	Науч. рук.	Инженер	Науч. рук.	Инженер	Науч. рук.	Инженер	Науч. рук.	Инженер	Науч. рук.	Инженер	Науч. рук.	Инженер
Составление и утверждение технического задания	1	1	3	3	1,8	1,8			0,9	0,9	1	1
Подбор и изучение материалов по теме	2	2	5	5	3,2	3,2			1,6	1,6	2	2
Выбор направления исследований	1	-	3	-	1,8	-			1,8	-	3	-
Календарное планирование работ по теме	1	-	2	-	1,4	-			1,4	-	2	-
Проведение теоретических расчетов и обоснований	-	5	-	12	-	7,8			-	7,8	-	12

Продолжение таблицы 14 – Временные показатели научного исследования

Оценка эффективност и полученных результатов	3	3	5	5	3,8	3,8			1,9	1,9	3	3
Выбор и расчет конструкции	-	2	-	3	-	2,4			-	2,4	-	4
Оценка эффективност и выбранной конструкции и применения проектируемог о изделия	-	1	-	2	-	1,4			-	1,4	-	2
Выполнение проекта на чертеже	-	30	-	45	-	41			-	36	-	53
Составление пояснительной записки	-	10	-	20	-	14			-	14	-	21
Публикация полученных результатов	-	3	-	7	-	4,6			-	4,6	-	7

На основании таблицы построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках данного проекта.

Таблица 15 – Календарный план-график проведения проекта

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр			март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель и инженер	1	<div></div>													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель и инженер	2	<div></div>													
3	Выбор направления исследований	Научный руководитель и инженер	3	<div></div>													
4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель	2	<div></div>													
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	12		<div></div>												
6	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель и инженер	3			<div></div>											
7	Выбор и расчет конструкции	Инженер	4			<div></div>											
8	Оценка эффективности выбранной конструкции и применения проектируемого изделия	Инженер	2			<div></div>											
9	Выполнение проекта на чертеже	Инженер	53				<div></div>										
10	Составление пояснительной записки	Инженер	21									<div></div>					
11	Публикация полученных результатов	Инженер	7											<div></div>			

По диаграмме Ганта можно наглядно оценить показатели рабочего времени для каждого исполнителя. Продолжительность выполнения проекта в рабочих днях составит 110 дня, из которых 99 дней – продолжительность выполнения работ инженером, а 11 дней – продолжительность выполнения работ руководителем.

При планировании НТИ создан список этапов работ в рамках проектирования научного исследования, распределены исполнители по типам работ, а так же разработан алгоритм составления этапов работ.

### **3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)**

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

#### **3.4.1 Расчёт материальных затрат НТИ**

В стоимость материальных затрат включается стоимость материалов, которые используются при проектировании системы электроснабжения металлургического завода, а именно канцелярских принадлежностей.

Таблица 16 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб .
Ручка	шт.	3	35	105
Тетрадь	шт.	6	40	240
Бумага	лист.	300	2	600
Картридж	шт.	4	700	2800
Папка	шт.	2	20	40
Итого :				3785

#### **3.4.2 Расчет затрат на оборудование для научных (экспериментальных) работ.**

Расчеты по приобретению оборудования, которое есть у организации, но используется для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблицу 17.

Таблица 17 – Бюджет на приобретение оборудования

№	Наименование оборудования	Кол – во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб
1	ПК	1	120,000	120,000
Итого :				120,000

### 3.4.3 Расчет амортизационных отчислений

Под амортизационными отчислениями понимаются отчисления части стоимости основных фондов для возмещения их износа

Цена ПК больше 40000 руб., необходимо учитывать амортизацию:

$$A = \frac{\text{Стоимость} \cdot N_{\text{дн.исп.}}}{\text{Срок службы} \cdot 366} = \frac{120000 \cdot 49}{3 \cdot 366} = 5355 \text{ руб.} \quad (8)$$

Амортизационные отчисления составили 5355 руб. ПК: первоначальная стоимость 120000 рублей; срок полезного использования для машин офисных код 330.28.23.23 составляет 2-3 года, берем 3 года; планируем использовать ПК для написания ВКР в течение 49 дней.

### 3.4.4 Затраты на заработную плату

#### 3.4.4.1 Основная заработная плата

Статья включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (9)$$

где  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (10)$$

где  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно технического персонала

Таблица 18– Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	118	118
Потери рабочего времени (отпуск + выходные дни)	10	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	199

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$З_m = З_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p, (11)$$

где  $З_{mc}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{np}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (30% от  $З_{mc}$ );

$k_d$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_p$  – районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

$$З_{m(p)} = 39897 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 77799,15 \text{ руб.};$$

$$З_{m(c)} = 25150 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 49042,5 \text{ руб.}$$

$$З_{дн(p)} = \frac{77799,15 \cdot 10,4}{199} = 4065,9 \text{ руб.};$$

$$З_{дн(c)} = \frac{49042,5 \cdot 10,4}{199} = 2563 \text{ руб.}$$

$$З_{осн(p)} = 4065,9 \cdot 11 = 44724,9 \text{ руб.};$$

$$З_{осн(c)} = 2563 \cdot 108 = 276804 \text{ руб.}$$

Таблица 19 – Сводная таблица заработной платы

Исполнители	Категория	З <sub>тс</sub> ,руб.	k <sub>пр</sub>	k <sub>д</sub>	k <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р.раб.</sub> Дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	Доцент, к.т.н.	39897	0,3	0,2	1,3	77799,15	4065,9	11	44724,9
Студент	Инженер	25150	0,3	0,2	1,3	49042,5	2563	108	276804
Итого									321528,9

Дополнительная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (12)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$З_{\text{доп(р)}} = 0,13 \cdot 44724,9 = 5814,2 \text{ руб};$$

$$З_{\text{доп(с)}} = 0,13 \cdot 276804 = 35984,5 \text{ руб.}$$

Общая заработная плата исполнителей работы представлена в таблице 18.

Таблица 20 – Сводная таблица общей заработной платы исполнителей

Исполнитель	З <sub>осн</sub> , руб.	З <sub>доп</sub> , руб.	З <sub>зп</sub> , руб.
Руководитель	44724,9	5814,2	50539,1
Инженер	276804	35984,5	312755,5
Итого			363327,6

#### 3.4.4.2 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (13)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), 30%.

$$З_{\text{внеб(р)}} = 0,3 \cdot (44724,9 + 5814,2) = 15161,73 \text{ руб};$$

$$З_{\text{внеб(с)}} = 0,3 \cdot (276804 + 35984,5) = 93836,55 \text{ руб.}$$



Таблица 21 - Сводная таблица отчислений во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб	Отчисления во внебюджетные фонды, руб
Руководитель	44724,9	5814,2	15161,73
Инженер	276804	35984,5	93836,55
Итого			108998,28

### 3.4.4.3 Накладные расходы

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

$$З_{внеб} = k_{накл} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (14)$$

где  $k_{накл}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

$$З_{накл(р)} = 0,8 \cdot (44724,9 + 5814,2) = 40431,28 \text{ руб};$$

$$З_{накл(с)} = 0,8 \cdot (276804 + 35984,5) = 250230,8 \text{ руб}.$$

Таблица 22 - Сводная таблица накладных расходов

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб	Отчисления во внебюджетные фонды, руб
Руководитель	44724,9	5814,2	40431,28
Инженер	276804	35984,5	250230,8
Итого:			290662,08

Таблица 23 – Сумма затрат

Элементы затрат	Стоимость, руб.
1. Материальные затраты	123785
2. Амортизация оборудования	5355
3. Затраты на основную заработную плату	321528,9
4. Затраты на дополнительную заработную плату	41798,7
5. Затраты на социальные нужды	108998,28
6. Накладные затраты	290662,08
Итого:	892127,96

Из данных таблицы видно, что большую долю всех затрат из бюджета научно-технического исследования составляют затраты на основную заработную плату и накладные расходы. Самые малые доли от общих затрат имеют амортизационные отчисления и затраты на дополнительную заработную плату. Все затраты проекта могут быть реализованы, так как оказались ожидаемы.

При планировании бюджета НТИ обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением, что составило 892 127,9 руб. В процессе формирования бюджета использованы группировки по статьям.

### **3.5 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта**

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух вариантов исполнения научного исследования. Для сравнения выбраны проекты НПС двух исполнений (испл.1) и (испл.2).

Примем, что максимальная стоимость проектирования НПС составляет 900 000 руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{892127,9}{900\,000} = 0,99, \quad (15)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп}}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения, таблица 21;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения проекта.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 22.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1.Безопасность	0,1	4	4
2. Удобство в эксплуатации	0,2	4	4
3.Блочность конструкции	0,25	4	4
4. Надежность	0,3	4	3
5. Материалоемкость	0,15	5	4
ИТОГО	1	4,15	3,7

$$I_{p-испл1} = (4 \cdot 0,1) + (4 \cdot 0,2) + (4 \cdot 0,25) + (4 \cdot 0,3) + (5 \cdot 0,15) = 4,15; \quad (17)$$

$$I_{p-испл2} = (4 \cdot 0,1) + (4 \cdot 0,2) + (4 \cdot 0,25) + (3 \cdot 0,3) + (4 \cdot 0,15) = 3,7. \quad (18)$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{испл1} = \frac{I_{p-испл1}}{I_{исп\text{финр}}} = \frac{4,15}{0,99} = 4,19; \quad I_{испл2} = \frac{I_{p-испл2}}{I_{исп\text{финр}}} = \frac{3,7}{0,99} = 3,73.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{испл1}}{I_{испл2}} = \frac{4,19}{3,73} = 1,12 \quad (19)$$

Таблица 25 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Испл.1	Испл.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,99	0,99
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,15	3,7
3	Интегральный показатель эффективности	4,19	3,73
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,12	

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что с позиции финансовой и ресурсной эффективности наиболее экономичным будет вариант исполнения 1.

### 3.6 Вывод по разделу

Результат анализа конкурентоспособности технических решений проекта показал, что проект, благодаря своим повышенным показателям производительности является конкурентоспособным по сравнению с конкурентом.

В таблице SWOT-анализа были описаны сильные и слабые стороны проекта, а также выявлены возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Были приняты решения по минимизации угроз и слабых сторон проекта.

Был разработан график проведения научного исследования, в котором было произведено распределение обязанностей по научно-исследовательской работе и рассчитано время, необходимое для выполнения работы. На котором видно, что большая часть работы ложится на инженера (99 рабочих дней), а наиболее трудоемкой работой является выполнение проекта на формате A1 в карандашном исполнении (53 рабочих дня). Для повышения экономической эффективности и снижения трудоемкости планируется ввести современные методы проработки чертежей с применением программ САПР.

Также был сформирован бюджет затрат НТИ, который составил 892 127,96 руб., из которого 123785 руб. уходит на материальные затраты, 5355 руб. на

амортизацию, 321528,9 руб. на заработную плату, 41798,7 руб. на дополнительную заработную плату, 108998,28 руб. на социальные нужды, 290662,08 руб. на накладные расходы.

В разделе определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта был рассчитан интегральный показатель эффективности, который составил 4,19, что с позиции финансовой и ресурсной эффективности наиболее экономичным по сравнению с конкурентом.

#### **4. Социальная ответственность**

Объектом исследования является станция насосная внешней и внутрипарковой перекачки нефти (100НПС), в частности проектирование самой станции и подбор оборудования.

Цель данной работы состоит в аналитике используемого оборудования для НПС.

Нефтеперекачивающая станция, как объект трубопроводного транспорта, является носителем опасных и вредных производственных факторов и относится к объектам повышенной опасности. Соблюдение правил в области промышленной безопасности и охраны труда поможет снизить риск возникновения аварийных ситуаций на объекте.

##### **4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Компании, которые занимаются перекачкой нефти по магистральным нефтепроводам обязаны обеспечивать своих работников всеми материальными и социальными благами в соответствии с «Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ» [6].

В соответствии со статьей «Право работника на труд учета в условиях, отвечающих общим требованиям охраны труда» работник имеет право на:

- рабочее место;
- своевременную оплату;
- социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- получение достоверной информации от работодателя об условиях и охране труда;
- отказ от выполнения работ в случае опасности для жизни;
- обеспечение средствами индивидуальной защиты;

- обучение за счет работодателя;
- медицинский осмотр и т.д;

Кроме того, коэффициент начисляется на надбавки и доплаты к тарифным ставкам (должностным колец окладам) и компенсационные выплаты, связанные с режимом работы и условиями труда, к которым относятся надбавки:

- за классность, звание по профессии, непрерывный стаж работы по специальности и т.д.;
- должностным лицам и гражданам, допущенным к государственной тайне;
- за выслугу лет (непрерывную работу), а также вознаграждение за выслугу лет, выплачиваемое ежеквартально или единовременно;
- по итогам работы за год;
- за условия труда при работе в ночное время, сменную работу, за совмещение профессий (должностей).

Нефтепроводы относятся к опасным производственным объектам, поэтому организации быть занимающиеся их эксплуатацией подчиняются Федеральный закон от 21 июля 1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [8].

## 4.2 Производственная безопасность

Опасные и вредные факторы в области рабочей зоны во время эксплуатации НПС представлены в таблице 21.

Таблица 26 – Опасные и вредные производственные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	

Продолжение таблицы 26 – Опасные и вредные производственные факторы

1. Повышенный уровень вибрации			+	1. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования. [1]
2. Повышенный уровень шума			+	2. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. [2]
3. Пожаро- и взрывоопасность			+	3. ГОСТ Р 12.3.047- 2012 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. [3]
4. Незащищенные подвижные части производственного оборудования	+	+	+	4. ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Ограждения защитные. [4]
5. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания			+	5. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. [5]

#### 4.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Механические опасности на предприятиях представляют собой движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы оборудования, разрушающиеся конструкции, сосуды работающие под давлением, острые кромки, заусенцы на поверхности заготовок, инструментов и оборудования, а также падение предметов с высоты.



Механические опасности могут возникнуть у любого объекта, способного причинить человеку травму, увечье и даже летальный исход в результате неспровоцированного контакта объекта или его частей с человеком.

Средствами коллективной защиты являются: оградительные устройства, предохранительные устройства, тормозные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, устройства дистанционного управления, знаки безопасности.

Средства индивидуальной защиты: каска, защитная обувь, очки, перчатки, спецодежда.

Основными источниками шума являются работающие насосные агрегаты и вентиляционные установки.

Повышение уровня шума и вибрации на рабочих местах неблагоприятно сказывается на организме человека и результатах его деятельности. При длительном воздействии шума не только снижается острота слуха, но и изменяется кровяное давление, ослабляется внимание, ухудшается зрение, происходят изменения в двигательных центрах, что вызывает определенные нарушения координации движений.

Интенсивный шум вызывает функциональные изменения сердечно-сосудистой системы, вызывает нарушение сна, раздражение, агрессивность, утомление, нарушаются нормальные функции желудка и приводит к необратимой потере слуха. Особенно неблагоприятное влияние шум оказывает на нервную и сердечно-сосудистую системы. Весь комплекс ощущений, вызываемых шумом, рассматривается как «шумовая болезнь».

Пагубное воздействие оказывает даже шум, не ощущаемый ухом человека (находящийся за пределами чувствительности его слухового аппарата): инфразвуки, к примеру, вызывают чувство тревоги, боли в ушах и позвоночнике, а при длительном воздействии сказываются на нарушении периферического кровообращения.

Также шум влияет на производительность труда. Увеличение уровня шума на 1-2 дБ приводит к снижению производительности труда на 1%.

По ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» допустимый уровень шума на рабочем месте нефтеперекачивающего агрегата составляет 80 дБ. Однако при работе насосного агрегата уровень шума может достигать 100 дБ.

Защита от шума достигается разработкой шумобезопасной техники, применением средств и методов коллективной защиты, а также средств индивидуальной защиты.

Средства и методы коллективной защиты подразделяются на акустические, архитектурно-планировочные, организационно-технические.

Защита от шума акустическими средствами предполагает:

- звукоизоляцию (устройство звукоизолирующих кабин, кожухов, ограждений, установку акустических экранов);
- звукопоглощение (применение звукопоглощающих облицовок, штучных поглотителей);
- глушители шума (абсорбционные, реактивные, комбинированные).

Если невозможно уменьшить шум, действующий на работников, до допустимых уровней, то необходимо использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ) — противозумные вкладыши из ультратонкого волокна “Беруши” одноразового использования, а также противозумные вкладыши многократного использования (эбонитовые, резиновые, из пенопласта) в форме конуса, грибка, лепестка. Они эффективны для снижения шума на средних и высоких частотах на 10-15 дБА. Наушники снижают уровень звукового давления на 7-38 дБ в диапазоне частот 125-8 000 Гц. Для предохранения от воздействия шума с общим уровнем 120 дБ и выше рекомендуется применять шлемофоны, оголовья, каски, которые снижают уровень звукового давления на 30-40 дБ в диапазоне частот 125-8 000 Гц.

Вибрация вызывает в организме человека реакции, которые являются причиной функциональных расстройств различных органов. Вредное действие

выражается в виде повышенного утомления, головной боли, боли в суставах, повышенной раздражительности, некоторого нарушения координации движений. В отдельных случаях длительное воздействие интенсивной вибрации приводит к развитию вибрационной болезни, вызывающей тяжелые, часто необратимые изменения в центральной нервной и сердечно-сосудистой системах, а также в опорно-двигательном аппарате.

Основным источником вибрации в насосах является неоднородность перекачиваемой жидкости. Несовершенства в соединениях валов электрических машин и насосов также являются источниками вибрации.

Воздействие вибрации на организм человека может привести к ряду функциональных расстройств различных органов. Вредное действие 80 проявляется в виде головной боли, повышенной раздражительности, повышенное утомление, некоторое нарушение координации движений. В частных случаях чрезмерное длительное воздействие вибрации приводит к развитию вибрационной болезни, которая проявляется в нарушении работы сердечно-сосудистой и нервной систем, в поражении мышечных тканей и суставов, нарушении функций опорно-двигательного аппарата.

К способам борьбы с вибрацией относятся снижение вибрации в источнике (улучшение конструкции машин, статическая и динамическая балансировка вращающихся частей машин), виброгашение (увеличение эффективной массы путем присоединения машины к фундаменту), виброизоляция (применение виброизоляторов пружинных, гидравлических, пневматических, резиновых и др.) вибродемпфирование (применение материалов с большим внутренним трением), применение индивидуальных средств защиты (виброзащитные обувь, перчатки со специальными упругодемпфирующими элементами, поглощающими вибрацию).

Загазованность рабочей зоны может возникнуть в результате:

- утечки токсичных и вредных газов из негерметичного оборудования (запорно-регулирующая арматура, фланцевые соединения, вышедший из строя трубопровод);

- выделения вредных газов при обработке материалов, окраске распылением, сушке окрашенных поверхностей (эмаль, металлическая пыль при работе с УШМ).

Согласно ГОСТ 12.1.005-88.ССБТ по степени воздействия на организм человека воздушные смеси и газы относятся к третьему (сероводород в смеси с углеводородами С1-С5 ПДК 3 мг/м<sup>3</sup> , окислы азота ПДК 5 мг/м<sup>3</sup>, сероводород ПДК 10 мг/м<sup>3</sup> ) и четвертому классу (оксид углерода ПДК 20 мг/м<sup>3</sup> , нитросоединения метана ПДК 30 мг/м<sup>3</sup> , бензин ПДК 100 мг/м<sup>3</sup> ).

Вышеперечисленные вещества оказывают отравляющее действие на организм человека и относятся к ядам. Так, воздушные смеси, состоящие из метана и высших углеводородов, относятся к нервным ядам и воздействуют на центральную нервную систему. Бензин, углеводородные газы, сероводород и другие относятся к ядам наркотического действия. Кроме того, сероводород и углеводородные газы относятся и к ядам раздражающего действия. Сероводород воздействует на верхние дыхательные пути, а углеводороды – на легочную ткань. Попадая на кожу человека, они обезжиривают и сушат ее, вызывая различные кожные заболевания (экзема, дерматиты). Первыми признаками отравления газами являются недомогание, головокружение, повышение температуры тела.

Средства защиты:

- при невысоких концентрациях фильтрующие противогазы марки А;
- при высоких концентрациях и нормальном содержании кислорода изолирующие шланговые противогазы ПШ-1, ПШ-2.

#### **4.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)**

Для снижения вредного воздействия шума на организм человека необходимо применение коллективных и индивидуальных средств защиты.

Согласно ГОСТ 12.1.029-80 «Средства и методы защиты от шума. Классификация» внутреннюю часть стен блока, где находится агрегат, можно покрыть шумоизоляцией. Применение звукоизолирующего кожуха на агрегате.

В качестве средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.1.029-80 персонал необходимо снабдить противошумными наушниками, закрывающими ушную раковину снаружи, либо противошумными вкладышами, перекрывающими наружный слуховой проход и прилегающие к нему.

Установка канатных демпферов на насосные агрегаты уменьшает возникающие вибрации и уровень шума в насосном зале, что положительно сказывается не только на оборудовании, но и на обслуживающем персонале. Уменьшается воздействие шума и вибраций на организм людей. Однако этого снижения недостаточно для полного отказа от средств индивидуальной защиты.

К числу мероприятий по снижению взрывоопасности и пожароопасности можно отнести:

- проведение проверки оборудования, своевременное обслуживание и ремонт;
- использование системы контроля загазованности помещения;
- уменьшение концентрации взрыво–пожароопасных газов.

В случае увеличения концентрации взрывоопасных газов автоматически включается приточно-вытяжная вентиляция насосного зала.

На случай возникновения пожара насосный зал оборудован пенной (водной) автоматической системой пожаротушения. Кроме того, насосный зал оснащен

первичными средствами пожаротушения – огнетушители, ящики с песком, лопаты, ведра.

## **4.3 Экологическая безопасность**

### **4.3.1 Защита атмосферы**

Одной из наиболее острых проблем при работе технологических насосов и насосных станций является загрязнение атмосферы. При этом выбросы в атмосферу характеризуются большой сосредоточенностью, неоднородностью по составу и наносят ущерб здоровью людей и окружающей среде. Эти загрязнения попадают в атмосферу в результате утечек через неплотности в арматуре и оборудовании.

В процессе эксплуатации НПС в атмосферу выбрасываются:

- сероводород и углеводороды предельные C12–C19 от труб системы общеобменной вентиляции;
- оксиды азота, серы, углерода от дымовой трубы котельной;
- оксиды азота, серы и углерода, сажа от выхлопных труб техники.

Мероприятия по сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу:

- техническое перевооружение котельных с установкой современных энергоэффективных котлов и переводом с нефтяного топлива на газ;
- оснащение резервуаров плавающими крышами и понтонами.

### **4.3.2 Защита гидросферы**

Основными загрязнителями сточных вод НПС являются нефтяные и механические (минеральные) примеси. Загрязнение почвы и водоемов возможно сточными, ливневыми и талыми водами, содержащими нефтепродукты, появившиеся в результате утечек из перекачивающих устройств через не

плотности запорной и регулирующей аппаратуры. Источникам загрязнения сточных вод при перекачке нефтепродуктов является прежде всего вода охлаждения насосов, а также сточные воды с вакуум-насосов, после мытья тары.

Мероприятия по ликвидации последствий загрязнения подземных вод от аварийных разливов нефти в общем виде включают следующее:

- обустройство наблюдательных скважин по контролю за качеством (загрязнением) подземных вод;
- сооружение водозаборных(защитных) скважин для откачки загрязненных нефтью подземных вод;
- очистку загрязненных нефтью подземных вод, обеспечивающую ПДК содержания нефтепродуктов в очищенной воде на уровне требований соответствующих нормативных документов.

#### **4.3.3 Защита литосферы**

Загрязнение почвы при аварийных разливах неизбежно приводит к заметному сдвигу в составе почвенной биоты, торможению интенсивности биологических процессов, снижению растворимости большинства микроэлементов и ингибированию деятельности микроорганизмов.

Процесс рекультивации земель, нарушенных и загрязненных при аварии на МН, включает:

- удаление из почвы остатков нефти;
- рекультивацию земель (технический и биологический этапы).

Обращение с отходами производится в соответствии с Федеральным законом № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». [7]

#### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации могут быть техногенного, природного, биологического, социального или экологического характера.

Возможные причины аварий на НПС:

- ошибочные действия персонала при пусках и остановках нефтенасосных, несоблюдение очередности оперативных переключений технологических трубопроводов и запорной арматуры и др.;
- отказ приборов контроля и сигнализации, систем управления;
- отказ электрооборудования и отключение электроэнергии;
- производство ремонтных работ без соблюдения необходимых организационно-технических мероприятий;
- старение оборудования (моральный или физический износ);
- коррозия оборудования и трубопроводов (образование свищей);
- применение запорной арматуры без необходимых прочностных характеристик трубопроводов;
- гидравлический удар;
- факторы внешнего воздействия (ураганы, удары молний и др.).

Аварии на площадочных сооружениях НПС могут быть обусловлены нарушением: герметичности резервуара и последующим выходом нефти в обвалования резервуарного парка (или на территорию НПС). Это может привести к возникновению пожара при наличии источника зажигания.

НПС удовлетворяет требованиям безопасности по ГОСТ 30852.0-2002, ГОСТ 30852.10-2002, ГОСТ 12.2.003-91, ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 25861-83, Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств".

Взрывобезопасность помещения НПС обеспечивается:

- применением рабочей и аварийной механической вентиляции;
- отводом, удалением взрывоопасной среды и веществ, способных привести к ее образованию;



- контролем загазованности воздушной среды;
- герметизацией технологического оборудования;
- конструктивными и технологическими решениями, принятыми при проектировании производственного оборудования и процессов;
- применением взрывозащищенного электрооборудования и средств автоматизации;
- применением кабельных проходок и уплотнителей;
- применением кабеля в оболочке из негорючего материала;
- заземлением технологического оборудования, электрооборудования, средств автоматизаций, металлических элементов блок-бокса, металлических оболочек кабелей, кабельных лотков;
- включением требований безопасности в техническую документацию.

Эксплуатационный и ремонтный персонал должен быть обеспечен спецодеждой, обувью и другими средствами индивидуальной защиты в соответствии с требованиями действующих норм и правил. Обувь и одежда должна исключать искрообразование при движении.

Перед входом в помещение НПС сотрудник обязан убедиться в заземлении здания осмотром заземляющего устройства и отсутствии загазованности путем опробования светозвуковой сигнализации снаружи помещения.

Для контроля загазованности помещение КТ НПС оснащено приборами сигнализации загазованности воздушной среды.

При эксплуатации и ремонте оборудования НПС необходимо применять приборы взрывозащищенного исполнения.

Напряжение для переносных светильников во взрывозащищенном исполнении должно быть не более 12 В.

Запрещается работа переносными электроизмерительными приборами общего назначения.

Изменения в конструкции допускается вносить по согласованию с организацией-разработчиком проекта либо по изготовленному вновь проекту на реконструкцию (модернизацию), а по оборудованию – с изготовителем оборудования.

В период эксплуатации электрооборудование, средства измерений и автоматизации НПС должны обслуживаться согласно утвержденному регламенту, в котором определен объем, порядок и сроки обслуживания.

Результаты обслуживания и осмотров оформляют актами. Все обнаруженные дефекты должны быть устранены с соблюдением необходимых мер по охране труда и требований к ведению ремонтных и огневых работ.

При аварийной остановке насосного агрегата из-за обнаружения неисправностей необходимо выяснить причину и до ее устранения не производить его запуск.

Обо всех случаях аварийной остановки насосного агрегата обслуживающий персонал немедленно докладывает непосредственному руководителю с внесением соответствующих записей в журнале по эксплуатации насосных агрегатов.

Обнаружив утечку нефти, необходимо принять меры по ее устранению, соблюдая все требования по охране труда при выполнении газоопасных работ, а при невозможности самостоятельного устранения – действовать в соответствии с планом ликвидации аварий.

Эксплуатация электрооборудования, средств измерений и автоматизации должна производиться в соответствии с требованиями "Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей", инструкций заводов-изготовителей, комплекса государственных стандартов на взрывозащищенное электрооборудование, устанавливающих требования к эксплуатации.

В помещении НПС категорически запрещается:

- использовать открытые источники огня;
- использовать приборы и средства связи общепромышленного исполнения;

- ремонтировать электрооборудование, находящееся под напряжением;
- эксплуатировать электрооборудование при любых повреждениях;
- вскрывать оболочки взрывозащищенного электрооборудования, токоведущие части которого находятся под напряжением;
- заменять перегоревшие электролампы во взрывозащищенных светильниках другими видами ламп;
- на взрывозащищенном электрооборудовании закрашивать маркировочные таблички.

Электрические испытания во взрывоопасных зонах разрешается производить только взрывозащищенными приборами, на которые имеются положительные заключения испытательной организации.

#### **4.5 Вывод по разделу**

Раздел «Социальная ответственность» содержит важные принципы в области охраны труда, энергоэффективности, промышленной и экологической безопасности.

В разделе были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности на ОПО, опасные и вредные производственные факторы, методы их предотвращения, а также основные причины возникновения аварий на НПС. Также особое внимание уделено источникам загрязнения на территории объекта и методам по сокращению негативного влияния этих источников на окружающую среду.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была спроектирована насосная станция внешней и внутрипарковой перекачки нефти. Разработана технологическая схема станции. Выполнен подбор оборудования по проекту. В качестве основных насосных агрегатов были выбраны насосы MBN50-215/12\_STD, а также подпорные A23-50 производства компании «SULZER». Конструкции подобранных насосов достаточно распространены, поэтому обслуживающему персоналу будет просто взаимодействовать с такими насосами на протяжении всего срока эксплуатации. Однако не стоит забывать, что конструкции насосов постоянно совершенствуются и у многих производителей есть модернизированные версии насосов с улучшенными характеристиками.

В работе проведен обзор принципиальной технологической схемы НПС и основного технологического оборудования.

Разработанные технологические решения в совокупности с существующими нормами и правилами обеспечивают промышленную и экологическую безопасность проекта, чему в настоящее время уделяется большое внимание.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования.
2. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
3. ГОСТ Р 12.3.047- 2012 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
4. ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Ограждения защитные.
5. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
6. «Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ»
7. Федеральный закон "Об отходах производства и потребления" от 24.06.1998 N 89-ФЗ (последняя редакция).
8. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
9. Нефтеперекачивающие станции. Учебное пособие / А. А. Коршак – Ростов н/Д: Феникс, 2015
10. Проектирование и эксплуатация насосных и компрессорных станций. Учебник для вузов / А. М. Шаммазов, В. Н. Александров, А. И. Гольянов, Г. Е. Коробков, Б. Н. Мастобаев – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003.
11. Эксплуатация оборудования нефтеперекачивающих станций / А. Г. Гумеров, Р. М. Гумеров, А. С. Акбердин – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2001.
12. Трубопроводный транспорт нефтепродуктов / И. Т. Ишмухаметов, С. Л. Исаев, М. В. Лурье, С. П. Макаров – М.: Нефть и газ, 1999.
13. Арматура регулирующая для магистральных нефтепроводов. Общие

технические требования» / «Нижний Новгород: ЗАО ГК «Русское снабжение».

14. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Учебно-методическое пособие / И. Г. Видяев, Г. Н. Серикова, Н. А. Гаврикова, Н. В. Шаповалова, Л. Р. Тухватулина, З. В. Криницына – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.
15. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ / Е. Н. Пашков, И. Л. Мезенцева – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019.